

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 742 882

(21) N° d'enregistrement national : 95 15372

(51) Int Cl^e : G 02 B 6/28

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 22.12.95.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 27.06.97 Bulletin 97/26.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : CORNING INCORPORATED — US.

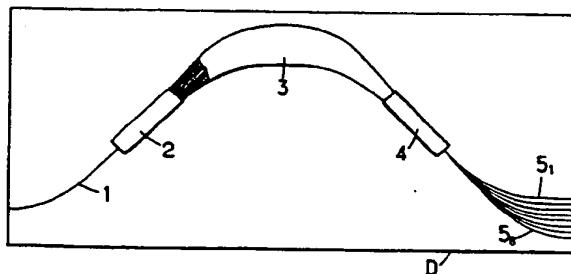
(72) Inventeur(s) : TROUCHET DENIS MARCEL.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : CABINET DE BOISSE.

(54) DEMULTIPLEXEUR DE LONGUEURS D'ONDE, REALISE EN OPTIQUE INTEGREE.

(57) Le démultiplexeur comprend a) un guide d'onde d'entrée (1), b) une pluralité de guides d'ondes de sortie (5), c) un ensemble (3) de guides d'ondes intégrés adjacents fonctionnant en réseau de phase, d) un guide d'onde expandeur de mode disposé à l'entrée du coupleur d'entrée (2) et raccordé aux guides d'ondes d'entrée (1), et e) une pluralité de guides d'onde réducteurs de mode disposés à la sortie du coupleur de sortie (4) et raccordés chacun à un des guides d'onde de sortie (5). Le guide expandeur de mode et lesdits guides réducteurs de mode sont de géométrie identique, à largeur variant linéairement suivant leur longueur, la largeur desdits guides expandeurs et réducteurs à leur raccordement au coupleur associé étant fixée pour optimiser la largeur de la bande passante d'un canal tout en limitant la diaphonie entre guides de sortie (5) à un niveau prédéterminé.



FR 2 742 882 - A1



La présente invention est relative à un démultiplexeur de longueurs d'onde, réalisé en optique intégrée et, plus particulièrement, à un tel démultiplexeur comprenant a) au moins un guide d'ondes d'entrée alimenté par une pluralité de signaux optiques dans plusieurs canaux de longueurs d'ondes différentes, b) une pluralité de guides d'ondes de sortie traversés chacun par l'un desdits canaux de longueur d'onde, c) un ensemble de guides d'ondes intégrés adjacents raccordés d'un côté aux guides d'ondes d'entrée et, de l'autre côté, aux guides d'ondes de sortie à travers un coupleur d'entrée et un coupleur de sortie, respectivement, les longueurs des guides de l'ensemble croissant incrémentiellement de guide en guide de manière que l'ensemble constitue un réseau de phase, d) un guide d'ondes expandeur de mode disposé à l'entrée du coupleur d'entrée, et e) une pluralité de guides d'ondes réducteurs de mode disposés à la sortie du coupleur de sortie et raccordés chacun à un des guides d'ondes de sortie.

On connaît de tels démultiplexeurs, notamment de US-A-5 002 350. Dans ce document, on fait état, pour minimiser les pertes optiques, d'un couplage de proximité important entre les guides de l'ensemble de guides d'ondes intégrés formant réseau de phase, aux niveaux de la sortie du coupleur d'entrée et de l'entrée du coupleur de sortie. Ce couplage est défavorable au démultiplexage recherché, comme cela est établi dans US-A-5 136 671. En outre, dans un tel démultiplexeur, un problème important est celui de l'optimisation de la largeur de la bande passante dans chacun des canaux séparés, pour un niveau limite de diaphonie acceptable prédéterminé.

La présente invention a précisément pour but de réaliser un démultiplexeur de longueurs d'ondes optiques à faibles pertes d'énergie lumineuse, sans recours au fort couplage mentionné ci-dessus, et dans lequel la largeur de bande passante de chacun des canaux séparés est optimisée en fonction d'un bas niveau de diaphonie prédéterminé.

On atteint ces buts de l'invention, ainsi que d'autres qui apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, avec un démultiplexeur de longueurs d'ondes optiques du type décrit ci-dessus, remarquable en ce que le guide 5 expandeur de mode disposé à l'entrée du coupleur d'entrée et raccordé au guide d'entrée, et les guides réducteurs de mode disposés à la sortie du coupleur de sortie et raccordés chacun à des guides d'ondes de sortie, sont de géométrie identique, à largeur variant linéairement suivant leur 10 longueur, et la largeur desdits guides expandeurs et réducteurs à leur raccordement au coupleur associé étant fixée pour optimiser la largeur de la bande passante d'un canal tout en limitant la diaphonie entre canaux de sortie à un niveau prédéterminé.

15 Suivant un mode de réalisation préféré de l'invention, le dispositif comprend en outre un guide d'ondes réducteur de mode entre le coupleur d'entrée et une extrémité de chacun des guides de l'ensemble de guides d'ondes formant réseau de phase, et un guide d'ondes expander de mode entre 20 l'autre extrémité de chacun des guides de cet ensemble et le coupleur de sortie, ces guides expandeurs et réducteurs étant de géométrie identique, à largeur variant linéairement suivant leur longueur, et dimensionnés pour réduire le couplage de proximité entre guides dudit ensemble à un 25 niveau bas prédéterminé.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre et à l'examen du dessin annexé dans lequel :

- la figure 1 est un schéma faisant apparaître les 30 principaux éléments du démultiplexeur suivant l'invention,
- les figures 2 et 3 sont des schémas du coupleur d'entrée et du coupleur de sortie, respectivement, faisant partie du démultiplexeur de la figure 1,
- la figure 4 rassemble trois coupes schématiques du coupleur de la figure 2, prises suivant les traits de coupe A, B et C de cette figure, et

croissent de guide en guide d'un incrément ΔL . Cet incrément ΔL détermine un déphasage $\Delta\phi$ proportionnel, entre les rayonnements se propageant dans deux guides d'ondes adjacents quelconques de l'ensemble 3, qui fonctionne ainsi comme un réseau de phase.

On se réfère maintenant aux figures 2 et 4 du dessin annexé pour expliquer la structure et le fonctionnement du coupleur d'entrée 2. Celui-ci est réalisé, par exemple, par dépôt sur le substrat 6 du démultiplexeur D, d'une couche de "coeur" 7 gravée classiquement suivant la configuration des guides d'ondes à délimiter, cette couche 7 étant recouverte d'une couche 8 de "gaine", par analogie avec les éléments correspondants d'une fibre optique discrète.

Il apparaît sur la figure 2, examinée en liaison avec les coupes A, B et C de la figure 4, que la couche 7 de cœur comprend une région 9 de propagation "libre", c'est-à-dire sans confinement latéral, cette région 9 étant intercalée entre des régions 10 et 11 où un tel confinement est présent.

20 On trouve ainsi, dans la région 10 de la couche de coeur, un guide d'ondes central expanseur de mode 12 et dans la région 11, une pluralité de guides d'ondes réducteurs de mode 13, ($j =$ de 1 à 25 dans l'exemple représenté). L'entrée de l'expanseur 12 est raccordée à la sortie du guide d'entrée 1 alors que la sortie de l'expanseur 12 est raccordée à la région 9 de coeur, dans laquelle la propagation des rayonnements n'est pas confinée latéralement. Les entrées des réducteurs de mode 13, sont distribuées régulièrement, avec un pas p , transversalement à la sortie de la région 9, sur un arc de cercle de rayon R , dont le centre de courbure coïncide avec la sortie de l'expanseur de mode 12. Les schémas des figures 2 et 4 sont fortement comprimés axialement. Sur le schéma de la figure 2, en particulier, l'arc de cercle utile de rayon R est assimilé à un segment de droite d .

$$n_w \Delta L + n_s p \frac{x_i}{R} = m \lambda_i$$

où :

- 5 x_i est l'abscisse correspondant à la longueur d'onde λ_i ,
 n_w et n_s, les indices effectifs d'un mode se propageant dans
 un guide d'onde et dans un guide plan (9 ou 14),
 respectivement,
 m, l'ordre de diffraction.

Si l'on choisit de disposer les réducteurs de mode 16_i
 10 avec un pas p' constant, la longueur d'onde centrale λ_0 du
 groupe des longueurs d'onde démultiplexées qui est
 diffractée au centre de courbure de l'arc formé par les
 expandeurs de mode 15, en sortie du réseau de phase 3 et la
 séparation $\Delta\lambda$ de ces longueurs d'ondes sont tirées des
 15 relations :

$$\Delta L = m \frac{\lambda_0}{n_w}$$

$$\frac{dx}{d\lambda} = \frac{m.R.n_s}{n_s.p.n_w} = \frac{p'}{\Delta\lambda} , \text{ où}$$

- 20 $\frac{dx}{d\lambda}$ est la dispersion des longueurs d'onde du dispositif.

$n_s = n_w \left(1 - \frac{dn_w}{d\lambda}\right)$ est l'indice de groupe.

Enfin, le nombre total N des guides d'onde de sortie 5_i
 doit être maintenu dans l'intervalle spectral libre ISL du
 réseau de phase, soit :

25

$$N\Delta\lambda < ISL = \frac{\lambda}{m}$$

D'une manière générale, l'atténuation (Att_{dB}) exprimée
 en décibels que réalise un dispositif optique recevant un

dimensionnés pour réduire le couplage de proximité entre guides du réseau à une valeur négligeable.

Le couplage de proximité est responsable d'un transfert de lumière entre un guide donné du réseau vers ses guides voisins et peut aussi être caractérisé par l'atténuation du signal optique restant dans le guide après traversée du réseau de phase. Cette atténuation peut être calculée au moyen de la relation générale ci-dessus si on suppose qu'un seul guide du réseau est excité avec le signal P_1 et transmet le signal P_2 . On considère ici que le couplage de proximité entre guides du réseau peut être négligé si l'atténuation du signal dans chaque guide du réseau est supérieure à 20 dB. Cette caractéristique, favorable au bon fonctionnement du démultiplexeur suivant l'invention, n'est pas présente dans le démultiplexeur décrit dans US-A-5 002 350 précité.

Comme on l'a indiqué ci-dessus, l'expanseur de mode 12 et les réducteurs de mode 16_i sont dimensionnés en fonction du compromis à atteindre entre la diaphonie visée sur les canaux adjacents et la largeur, en longueurs d'onde, des canaux.

On a déjà indiqué que les réducteurs 16_i placés en sortie du coupleur de sortie 4 sont disposés de façon à réaliser la sélection en longueur d'onde voulue. Dans le cas où l'on choisit de disposer les réducteurs de mode 16_i avec un pas p' (exprimé en μm) constant, le démultiplexeur, avec la dispersion $dx/d\lambda$ (exprimée en $\mu\text{m}/\text{nm}$) produit des canaux régulièrement séparés de $\Delta\lambda$ (exprimé en nm) en longueur d'onde, suivant la relation :

30

$$p' = \frac{dx}{d\lambda} \Delta\lambda$$

Dans le cas où les coupleurs d'entrée 2 et de sortie 4 sont dimensionnés de manière identique, le mode diffracté par le réseau de phase 3 en sortie du coupleur de sortie 4

$$Xtalk = 4,34 \left(\frac{\left(\frac{dx}{d\lambda} (\Delta\lambda - d\lambda) \right)^2}{w} \right)$$

La diaphonie Xtalk pour la courbe 17 est au-dessus de 49 dB,
 5 ce qui est largement supérieur à la spécification habituelle
 de diaphonie, de 22 dB. La diaphonie mesurée sur la courbe
 18 est exactement de 22 dB à la limite de la bande de
 fonctionnement (de $\pm 0,4$ nm) du canal adjacent, quand
 $\Delta\lambda = 1,6$ nm.

10 La largeur $\Delta\lambda_{FWHM}$ du pic de longueur d'onde du canal, qui
 est définie à un niveau prédéterminé d'atténuation du signal
 optique (par exemple 3 dB) est aussi différente pour les
 deux courbes 17 et 18. En substituant la demi-largeur $\Delta\lambda_{FWHM}/2$
 du pic au terme $\lambda - \lambda_i$ dans la relation (1), celle-ci prend la
 15 forme suivante :

$$\Delta\lambda_{FWHM} = \frac{2w \sqrt{\frac{A_{dB}}{4,34}}}{\left| \frac{dx}{d\lambda} \right|}$$

A 3 dB d'atténuation du signal optique, l'expression de
 20 la largeur (en longueur d'onde) des canaux se simplifie de
 la façon suivante :

$$\Delta\lambda_{FWHM} = 1,66 \left(\frac{w}{\left| \frac{dx}{d\lambda} \right|} \right)$$

Quand le rayon de mode w croît de 4 μm à 6 μm , la
 25 largeur, en longueur d'onde, des canaux croît de 0,66 nm à
 0,88 nm, soit une largeur de bande à 3dB d'atténuation
 supérieure à la bande d'utilisation $\pm 0,4$ nm.

Pour que le démultiplexeur suivant l'invention reste très compact, les extrémités d'entrée et de sortie des guides de l'ensemble 3 doivent être aussi proches que possible, le couplage de proximité entre canaux devant 5 cependant être maintenu avec une atténuation supérieure à 20 dB, comme on l'a vu plus haut. On choisit alors :

$$p = 18 \mu\text{m}.$$

- 10 Les expandeurs et réducteurs de mode introduits, suivant l'invention, dans le démultiplexeur ont des bords latéraux rectilignes inclinés de $0,5^\circ$ sur l'axe longitudinal de l'expandeur ou du réducteur de manière à présenter à une extrémité une largeur maximale de $17 \mu\text{m}$ et, à l'autre 15 extrémité, une largeur minimale de $6,7 \mu\text{m}$ correspondant au diamètre du guide monomode auquel cette extrémité est raccordée, quand le procédé de fabrication de ce guide assure un contraste d'indice $\Delta n/n = 0,75 \%$.

On peut choisir, pour l'espacement p' des réducteurs de mode 16, une valeur égale à celle de p , soit $p' = 18 \mu\text{m}$, toujours pour maintenir le couplage de proximité au-dessus de 20 dB.

Enfin, on choisit le rayon commun aux arcs suivant lesquels sont disposés les expandeurs et les réducteurs de mode, respectivement à l'entrée et à la sortie du coupleur de sortie 4 pour obtenir une séparation $\Delta\lambda = 1,6 \text{ nm}$. Ce rayon R est alors tel que :

$$R = \frac{n_r \cdot p \cdot p' \cdot n_s}{m \cdot \Delta\lambda \cdot n_g} = 4893,75 \mu\text{m}$$

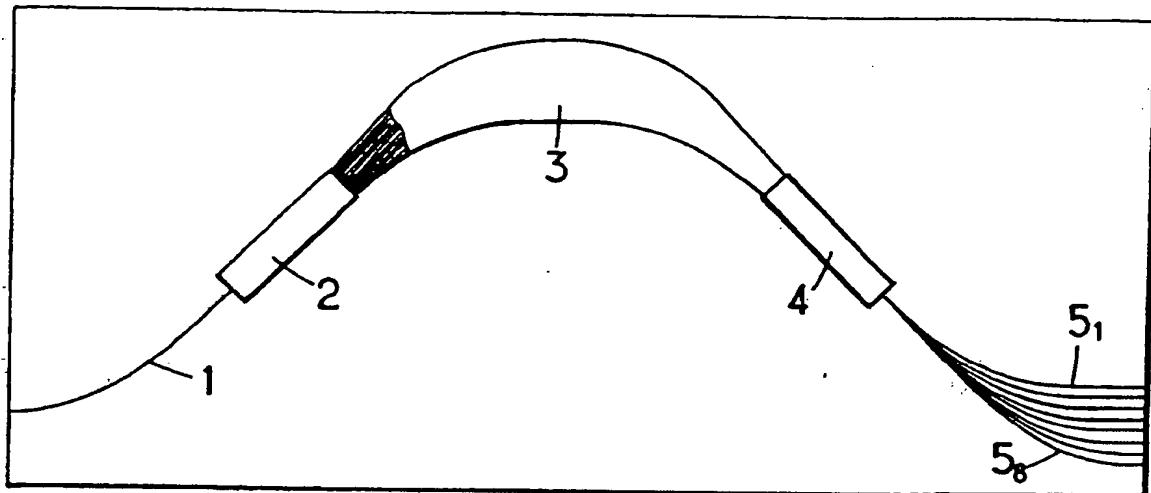
30

Les paramètres ainsi calculés permettent de construire aussi bien le coupleur d'entrée 2 que le coupleur de sortie 4, ceux-ci devant être identiques (au nombre des entrées du coupleur 2 et des sorties du coupleur 4 près) pour éviter

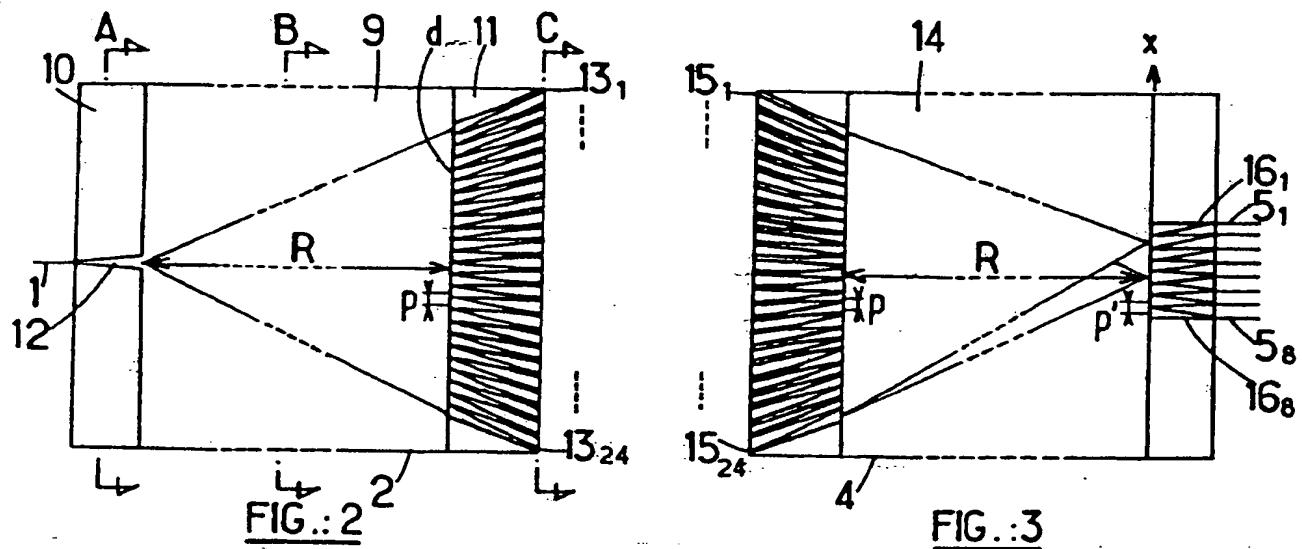
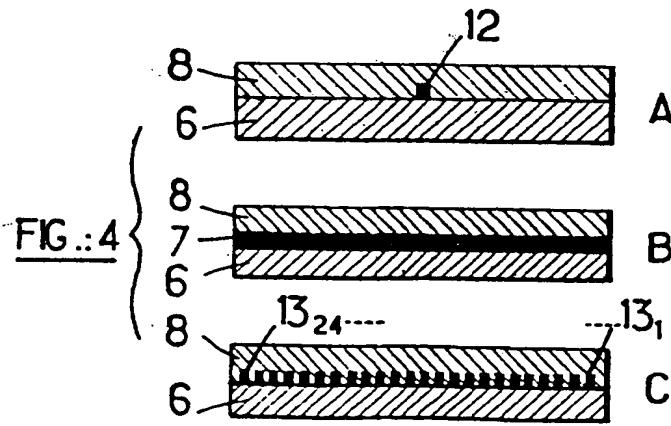
REVENDICATIONS

1. Démultiplexeur de longueurs d'onde, réalisé en optique intégrée comprenant :
 - a) au moins un guide d'onde d'entrée (1) alimenté par une pluralité de signaux optiques dans plusieurs canaux de longueurs d'onde différentes,
 - b) une pluralité de guides d'ondes de sortie (5_i) traversé chacun par l'un desdits canaux de longueurs d'onde
 - c) un ensemble (3) de guides d'ondes intégrés adjacents raccordés d'un côté au guide d'onde d'entrée (1) et, de l'autre côté, aux guides d'ondes de sortie (5_i) à travers un coupleur d'entrée (2) et un coupleur de sortie (4), respectivement, les longueurs des guides de l'ensemble (3) croissant incrémentiellement de guide en guide de manière que l'ensemble (3) constitue un réseau de phase,
 - d) un guide d'onde expandeur de mode (12) disposé à l'entrée du coupleur d'entrée (2) et raccordé au guide d'onde d'entrée (1),
 - e) une pluralité de guides d'onde réducteurs de mode (16_i) disposés à la sortie du coupleur de sortie (4) et raccordés chacun à un des guides d'onde de sortie (5_i), caractérisé en ce que ledit guide expandeur de mode (12) et lesdits guides réducteurs de mode (16_i) sont de géométrie identique, à largeur variant linéairement suivant leur longueur, la largeur desdits guides expandeurs et réducteurs à leur raccordement au coupleur associé étant fixée pour optimiser la largeur de la bande passante d'un canal tout en limitant la diaphonie entre canaux de sortie (5_i) à un niveau prédéterminé.
2. Démultiplexeur conforme à la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, f) un guide d'onde réducteur de mode (13_j) entre le coupleur d'entrée (1) et une extrémité de chacun des guides de l'ensemble (3) de guides d'onde formant réseau de phase et g) un guide d'onde expandeur de mode (15_j) entre l'autre extrémité de chacun des guides de cet ensemble (3) et le coupleur de sortie (4),

1_2

FIG.:1

D

FIG.:2FIG.:3

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

2742882

N° d'enregistrement
national

FA 521589
FR 9515372

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 18, no. 126 (P-1702) & JP-A-05 313029 (NTT) * abrégé *	1-3,8
A	---	1
A,D	WO-A-91 15790 (UNIVERSITY OF OTTAWA) * page 11, ligne 24 - page 12, ligne 15 * * figures 1.4 *	1
A	US-A-5 002 350 (AT&T) * colonne 2, ligne 13 - colonne 4, ligne 8 * * figure 1 *	1
A	---	1
A	JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, vol. 13, no. 3, 1 Mars 1995, pages 447-455, XP000509310 TAKAHASHI H ET AL: "TRANSMISSION CHARACTERISTICS OF ARRAYED WAVEGUIDE N X N WAVELENGTH MULTIPLEXER" * chapitre IIA * * figure 2 *	1
A	---	1
A	US-A-5 412 744 (AT&T) * colonne 8, ligne 16 - colonne 9, ligne 45 * * figures 11-13 *	1

		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
		G02B
2	Date d'achèvement de la recherche	Exécutant
	3 Septembre 1996	Luck, W
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'un moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgarion non écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons Z : membre de la même famille, document correspondant		